

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO
PARA ILUMINACIÓN DOMICILIARIA**

CRISTIAN ORLANDO MARIN GIRALDO
CÓDIGO: 1087552342

FACULTAD DE TECNOLOGIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA



**Universidad
Tecnológica
de Pereira**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
PEREIRA, 2017

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO
PARA ILUMINACIÓN DOMICILIARIA**

**CRISTIAN ORLANDO MARIN GIRALDO
CÓDIGO: 1087552342**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
TECNÓLOGO MECANICO**

Director: ING. EDGAR ALONSO SALAZAR MARIN

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA, noviembre 17 de 2017**

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por el regalo de la vida, seguido de mis padres Dora Melfy Giraldo Franco y José Orlando Marín Contreras, por su apoyo incondicional, confianza recordándome siempre que si podía, y por darme aliento para salir adelante en este proceso de mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la sabiduría y entendimiento para la realización de este trabajo adquiriendo día a día más conocimientos.

A todos los docentes de la facultad de mecánica, que me ayudaron en el proceso de formación académica, especialmente al ingeniero Edgar Salazar Marín, por su paciencia y la dedicación brindada en este proceso de asesoramiento.

También agradezco a mis padres por su apoyo moral y económico para la realización de mis estudios y por la formación que me brindaron para ser la persona que soy hoy en día.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. METODOLOGÍA.....	14
3. OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo general	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	17
4.1 Un sistema fotovoltaico autónomo SFa.....	17
4.1.1 Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) están constituidos por los siguientes componentes:	18
4.1.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos	20
4.2 El desarrollo de la energía solar fotovoltaica en el mundo	21
4.3 Los 10 mayores países productores de energía solar del mundo.....	22
4.4 Las aplicaciones más provechosas de la energia solar	25
5. energia solar fotovoltaica.....	30
5.1 La célula fotovoltaica.....	32
6. radiación solar	35
6.1 Radiación solar en Colombia	36
6.2 IRRADIACIÓN EN PEREIRA.....	38
7. ventajas y desventajas de un sistema solar fotovoltaico autonomo en una vivienda 43	
7.1 PRINCIPALES DESVENTAJAS.....	44

8. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE APOYO PARA UNA VIVIENDA CON CONEXIÓN A LA Red.....	44
9. Dimension del Sistema Solar Fotovoltaico.	45
9.1 calculo de numero de paneles solares.....	47
9.1.1 Panel Solar Kyocera KD210GX-LPU.....	48
9.2 Regulador de Carga.....	52
9.2.1 Calculo del regulador.....	54
9.3 Inversor o Convertidor DC/AC.....	56
9.3.1 Calculo del inversor	57
9.4 Baterías y sistemas acumuladores solares.....	58
9.4.1 Calculo de los acumuladores.....	61
10. montaje.....	66
11. CONCLUSIONES.....	71
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Regiones con mayor irradiación en Colombia.....	37
Tabla 2. Datos obtenidos de la estación meteorología de la universidad tecnológica de Pereira.....	41
Tabla 3. Mediciones hechas por la NASA (USA)	42
Tabla 4. Consumo en watts de la instalación.....	45
Tabla 5. Características Panel Solar Kyocera.....	50
Tabla 6. Características del panel a su potencia máxima.....	50
Tabla 7. Nivel del voltaje del módulo fotovoltaico en función de las necesidades de consumo de potencia que se demanda.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. panel solar fotovoltaico.	18
Figura 2. Batería.	19
Figura 3. Regulador de voltaje.	19
Figura 4. Inversor.	20
Figura 5. Sistema fotovoltaico sin conexión a la red eléctrica y con back up de acumuladores.....	20
Figura 6. Sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica sin back up de acumuladores.....	21
Figura 7. Tejas solares fotovoltaicas.....	26
Figura 8. Ejemplo de integración de la energía solar fotovoltaica sobre el tejado de una vivienda.....	26
Figura 9. Sistemas de generación de energía solar (SEGS, en inglés).	27
Figura 10.Ejemplo de sistema de riego solar.	28
Figura 11.Ejemplo de Carro Solar.....	29
Figura 12. Diferencia entre celda solar y panel solar.	30
Figura 13. Identificación del terminal positivo y negativo de una celda fotovoltaica.	31
Figura 14. Esquema de la conexión en serie de varias celdas fotovoltaicas.....	31
Figura 15. Panel solar de 60 celdas, donde se puede observar las conexiones eléctricas necesarias para crear un módulo solar funcional.....	32

Figura 16. Células solares fotovoltaicas más comunes.....	34
Figura 17. Regiones con mayor disponibilidad de energía solar en Colombia.....	37
Figura 18. Mapa de radiación solar en Colombia.....	38
Figura 19. Instalación unidad meteorológica UTP.....	39
Figura 20. Datos obtenidos de irradiación de unidad meteorológica en W/m^2	39
Figura 21. Determinación de la radiación solar diaria en Wh/m^2	40
Figura 22. Radiación en Pereira (NASA).....	42
Figura 23. Placa de características del panel solar.....	49
Figura 24. Características de la tensión de corriente del módulo fotovoltaico KD-210-LPU a diversas temperaturas celulares.....	51
Figura 25. Características de la tensión de corriente del módulo fotovoltaico KD-210GX-LUP con distintas irradiación célula.....	51
Figura 26. Lugar de instalación del panel solar en la vivienda.....	52
Figura 27. Regulador de carga utilizado en el montaje.....	55
Figura 28. Inversor utilizado en el montaje del sistema solar.....	57
Figura 29. Placa de características de las baterías utilizadas.....	64
Figura 30. Conexión de las baterías de 6V en serie para obtener 12V.....	65
Figura 31. Vida del ciclo Vs profundidad de descarga - serie 4000.	65
Figura 32. Ilustración de la conexión del regulador.....	67
Figura 33. Perilla de selección del conmutador ya sea para que funcione con la red o el sistema solar.....	67

Figura 34. Instalación de la conexión del conmutador con la caja de distribución eléctrica de la vivienda.	68
Figura 35.Instalación de la conexión del conmutador con la caja de distribución eléctrica de la vivienda.	68
Figura 36. Ilustración grafica de la conexión de todo el sistema solar fotovoltaico.	69
Figura 37. Se muestra la conexión del regulador e inversor con protección contra sobre corriente.	70

1. INTRODUCCION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“La tierra es el único planeta habitable del sistema solar, esto se debe a que es el mayor de los planetas rocosos, lo que hace que pueda retener una capa de gases llamada atmosfera que tiene como función dispersar la luz y absorber calor, evitando que la tierra se caliente demasiado de día y se enfríe demasiado de noche”¹, pero lastimosamente hoy en día esta situación de equilibrio está en peligro a causa de la contaminación de la capa de gases, por parte del ser humano y su sistema de consumismo que provoca que los gases retengan mucho calor cerca de la superficie terrestre, lo que ha llevado a que las temperaturas aumenten en el último siglo, generando un cambio climático a nivel mundial, la mayor influencia de contaminación es el uso de las tecnologías modernas que consumen grandes cantidades de energía eléctrica generada habitualmente en una planta de energía que convierte otra clase de energía en energía eléctrica.

Generalmente esta energía eléctrica se genera a través de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, los cuales no son renovable y producen emisiones de gases tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases que han contribuido y aún contribuyen a originar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y agua, situación que empeora si se tiene en cuenta la creciente de demanda de energía, bienes y servicios, debido al incremento de la población mundial.

Las pruebas de que los humanos estamos provocando el calentamiento global son indiscutibles, pero la cuestión es qué se puede hacer al respecto.

Desde los años noventa se ha buscado una forma de mitigar la emisión de estos gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, por parte de las naciones unidas, firmándose para esto el protocolo de Kioto en 1997 que se ratificó en el 2005, estableciendo una reducción de las emisiones de dióxido de carbono a niveles de 5% en el periodo comprendido entre el 2008 y el 2012, al cumplirse este periodo se extendió este acuerdo hasta el 2020, pero infortunadamente no se han alcanzado los compromisos, por el contrario para el año 2016 la Organización Mundial de Meteorología informo que la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera alcanzo una cifra de 403,3 partes por millón².

Es por esto que se resalta como fuente de mitigación del problema de calentamiento global por el efecto invernadero, la energía del sol que es renovable, sostenible e inagotable, fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la tierra. Cada año la radiación solar aporta a la tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad, en una hora la tierra recibe más energía del Sol de la que toda la humanidad necesita en un año. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía eléctrica utilizando para ello paneles solares.

Sería irracional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberar definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o simplemente agotables. Es preciso, señalar que existen algunos problemas que se deben afrontar y superar, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas por el cambio climático.

La energía solar es una de las alternativas más sostenibles para la producción de energía si se tiene en cuenta que la energía solar fotovoltaica podrá suministrar electricidad a dos tercios de la población en 2030, y que el Consejo Mundial de

Energía cree que el año 2100 el 70 % de la energía consumida será de origen solar.

La aplicación más básica de todas es gracias a un panel fotovoltaico, se puede aprovechar la energía del sol para generar electricidad. Ésta puede ser para alimentar, por ejemplo, el consumo (o al menos parte de él) de energía del hogar, hotel, o empresa.

La energía recolectada por medio de los paneles fotovoltaicos puede ser almacenada por medio de bancos de baterías. Lo que se busca es que se encuentre la mayor autonomía energética en las viviendas. Que permita un ahorro considerado en el consumo total de energía. Si estas acciones positivas son implementadas en la gran mayoría de hogares o industrias sería muy favorable para un mundo con más equilibrio ecológico.

Aunque en Colombia se ha implementado la transformación de la energía del sol en energía eléctrica, desafortunadamente se hace de manera parsimoniosa, pues todavía son muchas las personas, empresas, etcétera que no la ponen en práctica dejando de generar no solo un beneficio económico para ellos, sino también ambiental, lo que evidencia que aún no se ha concientizado a la población del daño que se le ha hecho al planeta y lo que es peor aún de las drásticas consecuencias.

2. METODOLOGÍA

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico autónomo para iluminación domiciliar es necesario conocer las características y el funcionamiento de los distintos componentes que conforman la instalación, para esto se realizará una investigación de fuentes bibliográficas y páginas de Internet, con la finalidad de comprender los aspectos básicos de la generación de electricidad a partir de celdas solares y los principios de funcionamiento de éstas y de los paneles, reguladores de carga, inversores, baterías, tipo de iluminación que se va a utilizar y demás equipos que conforman el sistema.

La investigación sobre los equipos fotovoltaicos disponibles actualmente en el mercado y sus principales características, se realizará básicamente ingresando a los sitios web de los principales distribuidores de este tipo de componentes, que generalmente brindan información explícita sobre los aspectos más relevantes de los equipos en cuestión (eficiencia, capacidad, costos, etc.). Para la estimación de la carga conectada en la instalación que se va a realizar, se tiene el detalle del tipo de luminarias que se van a utilizar en la instalación. Es necesario establecer un promedio de la potencia que consume cada luminaria, así como de la cantidad de horas que se utiliza diariamente cada uno de dicha luminaria, para determinar de esta forma cuál es la carga total que se requiere alimentar a partir del sistema fotovoltaico. Para este cálculo, deberán aproximarse también las posibles pérdidas que se dan en el sistema (pérdidas en cables, eficiencia de los componentes). Finalmente, el cálculo del presupuesto se realiza con base a los precios promedio de los equipos más favorables a los fines del proyecto, incluyendo además una estimación de los gastos adicionales derivados de la instalación.

En su forma más básica, un sistema fotovoltaico consiste de:

Generador (panel solar): Es el modulo fotovoltaico que convierte la radiación solar en energía eléctrica.

Acumulador (batería): Son los equipos donde se almacena la energía proveniente de los paneles solares.

Regulador: Es un elemento que controla la energía producida por el panel solar, la carga del acumulador o batería, y la energía consumida en las iluminarias.

Inversor: El inversor es el equipo electrónico que permite convertir la corriente continua procedente de los paneles solares en corriente alterna.

Carga: los equipos consumidores (iluminarias) que son el destino final de la energía producida por el sistema.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico autónomo para iluminación domiciliaria.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las diversas tecnologías que se emplean actualmente en un sistema fotovoltaico autónomo SFA.
- Establecer los modos de funcionamiento de los componentes que conforman un SFA.
- Diseñar el SFA para una carga eléctrica correspondiente a iluminación y el circuito eléctrico que requiere.
- Seleccionar los componentes que conforman el SFA
- Realizar el montaje del sistema y realizar las pruebas de validación.

4. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

4.1 UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO SFA

Genera electricidad de una manera limpia mediante la transformación de la radiación solar, un sistema fotovoltaico autónomo puede suministrar energía durante muchos años de forma eficaz sin necesidad de conexión a una red de suministro de energía eléctrica, y económica si se tiene en cuenta el importante avance de la tecnología y la inversión que se hace por mejorar los dispositivos fotovoltaicos logrando reducir los costos de fabricación, lo que hace que sea más asequible en el mundo, asimismo el mantenimiento de este sistema es mínimo, para esto es importante que el dimensionamiento del sistema y su instalación se realicen de forma correcta para que tenga una larga vida útil.

Por los beneficios anteriores los SFA siguen siendo los más empleados en países con poco desarrollo industrial, en zonas rurales, lugares remotos y poco accesibles, donde hay un bajo consumo de energía y un buen recurso solar; gracias a ello la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica, prueba de ello es que para principios del 2017 se estima hay instalados en todo el mundo cerca de 300GW de potencia fotovoltaica, su eficacia es tanta que sistemas de alrededor de 500 W pesan menos de 70 kg, lo que permite una fácil transportación e instalación.

Estos sistemas son usados frecuentemente en locaciones aisladas para producir electricidad en áreas inaccesibles para la red eléctrica y de esta forma mejorar las condiciones de salud, educación, comunicación y recreación de la población, al tiempo que favorece la agricultura y el abastecimiento de agua.

La posibilidad del almacenamiento de la energía eléctrica convierte a los sistemas fotovoltaicos en una fuente muy confiable de energía, ya sea de día o de noche, independientemente de las condiciones climáticas, su instalación permite generar energía por el día y se almacena el excedente en las baterías para su uso en la noche. El número de baterías debe estar en correspondencia con el consumo energético de la carga y el número de horas de autonomía en la noche.

4.1.1 Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) están constituidos por los siguientes componentes:

1. **El generador:** conjunto de paneles fotovoltaicos que son los encargados de captar la energía solar y transformarla directamente en eléctrica en forma de corriente continua.

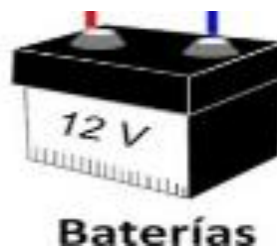
Figura 1. panel solar fotovoltaico.



Obtenido de (<http://stgroup-uruguay.blogspot.com.co/2015/07>)

2. **El acumulador:** está formado por un sistema de baterías capaces de almacenar la energía producida por el generador permitiendo disponer de energía en horas de ausencia de luz, como durante la noche o condiciones meteorológicas adversas.

Figura 2. Batería.



Obtenido de (<http://stgroup-uruguay.blogspot.com.co/2015/07>)

3. **Regulador de carga:** dispositivo encargado de administrar la circulación de corriente entre el generador, las cargas (consumo de energía) y las baterías. Se encarga de proteger a las baterías frente a sobrecargas y sobre descargas que podrían producir daños irreparables en ellas, su objetivo es alargar la vida útil del sistema fotovoltaico. Además, muchos de los reguladores actuales cuentan con un sistema para trabajar en el punto de máxima potencia.

Figura 3. Regulador de voltaje.



Obtenido de (<http://stgroup-uruguay.blogspot.com.co/2015/07>)

4. **Inversor:** dispositivo que se encarga de transformar la corriente continua producida por los paneles solares (Generador) y almacenada en las baterías. En corriente alterna, necesaria para alimentar la carga eléctrica que se va a consumir mediante equipos eléctricos domésticos o como en este caso la iluminación de

una vivienda. En el caso de que las baterías se encuentren totalmente cargadas, el inversor recibirá la corriente directamente desde el regulador, sin pasar por las baterías.

Figura 4. Inversor.



Obtenido de (<http://stgroup-uruguay.blogspot.com.co/2015/07>)

4.1.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Figura 5. Sistema fotovoltaico sin conexión a la red eléctrica y con back up de acumuladores.

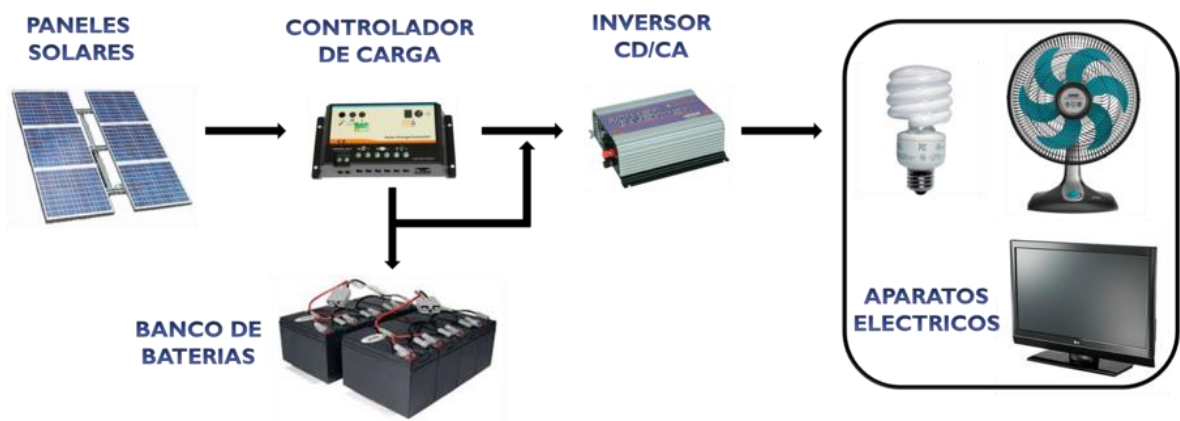
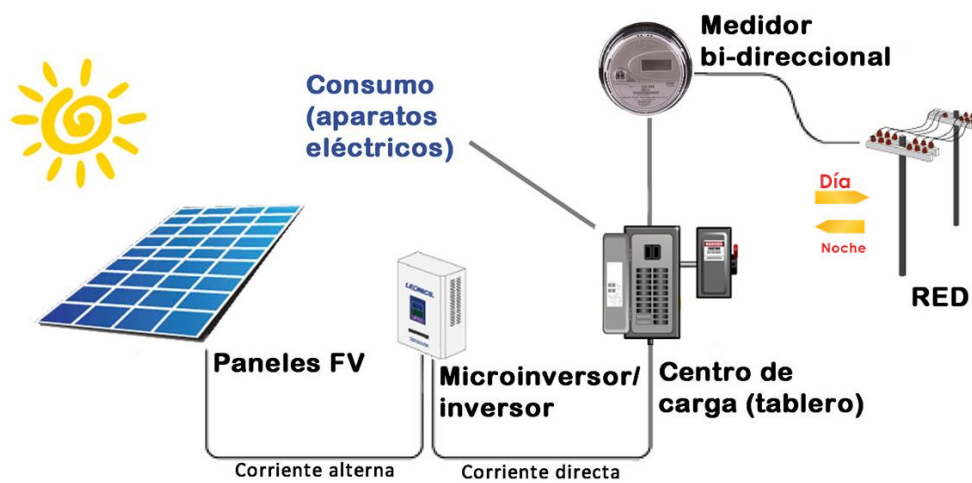


Figura 6. Sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica sin back up de acumuladores.



4.2 EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL MUNDO

Entre los años 2001 y 2016 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción fotovoltaica, duplicándose aproximadamente cada dos años. La potencia total fotovoltaica instalada en el mundo (conectada a red) ascendía a 16 gigavatios (GW) en 2008, 40 GW en 2010, 100 GW en 2012, 180 GW en 2014 y 300 GW en 2016.

Históricamente, Estados Unidos lideró la instalación de energía fotovoltaica desde sus inicios hasta 1996, cuando su capacidad instalada alcanzaba los 77 MW, más que cualquier otro país hasta la fecha. En los años posteriores, fueron superados por Japón, que mantuvo el liderato hasta que Alemania lo sobrepasó en 2005, a comienzos de 2016 Alemania se aproximaba a los 40 GW instalados, este liderato lo mantuvo desde entonces hasta el año 2016 donde China, uno de los países donde la energía solar fotovoltaica está experimentando un crecimiento más vertiginoso lo supero, convirtiéndose desde entonces en el mayor productor de energía fotovoltaica

del mundo. Se espera que multiplique su potencia instalada actual hasta los 150 GW en 2020^[3].

Se sabe que el sol proporciona a la tierra energía renovable en grandes cantidades todos los días del año, haciendo que sea una de las energías renovable más importante que existe y la alternativa más sostenible para la producción de energía. La pregunta es saber en qué aplicaciones se puede sacar el máximo provecho de esta.

4.3 LOS 10 MAYORES PAÍSES PRODUCTORES DE ENERGÍA SOLAR DEL MUNDO

En los próximos años, la clasificación de los mayores productores de energía solar va a cambiar significativamente. La energía solar está tomando impulso en grandes países como la India y los EE.UU., lo que predice un gran salto en la escena global. Utilizando los datos recopilados por PowerWeb, podemos hacer un ranking de los países con más capacidad instalada para la generación de energía solar.

En los últimos años, los gobiernos de todo el mundo han aplicado medidas para fomentar el desarrollo de la energía solar en sus países, tanto a nivel doméstico como a nivel de red (utilizando incentivos de diversa índole). Sea cual sea el método, hay muchos datos prometedores que sugieren que la energía solar va a ser un activo importante en la generación eléctrica a nivel mundial.

Aquí están los 10 mayores países productores de energía solar:

China (130.4 GW).

Francamente, China deja mucho que desear en materia de medio ambiente. Esta percepción es algo que puede explicar por qué sus recientes esfuerzos no han recibido mucha atención, a pesar de que el país amplió su capacidad solar en un 81 % el año pasado. El país tiene como objetivo generar un 20 % de su energía de fuentes renovables para 2030. En el año 2014, el país representaba hasta un 70 % de la capacidad solar térmica total instalada en el mundo. Recientemente, China activó la planta solar flotante más grande del mundo.

Estados Unidos (85.3 GW).

Estados Unidos tiene la tecnología, el talento y las condiciones ambientales que se requieren para el despliegue de la energía solar a gran escala (sin mencionar la demanda cada vez mayor). Pero el apoyo político a las energías renovables ha sido irregular, y con Trump retirando a Estados Unidos del Acuerdo de París, el futuro de la energía solar en Estados Unidos está lejos de ser bueno. Sin embargo, algunos estados han fijado unas grandes metas en relación a la energía renovable en general, y a la solar en particular. Actualmente, Estados Unidos alberga muchas de las instalaciones solares más grandes del mundo, así instalaciones domésticas muy avanzadas. EE.UU. está consiguiendo bajar los precios cada año.

Japón (63,3 GW).

Con tecnología e industria, Japón fue uno de los primeros en desarrollar la energía solar a gran escala y continúa innovando en el sector, con el objetivo de que la energía solar cubra el 10 % de la demanda energética del país para 2050.

India (57,4 GW).

La India empezó a desplegar la energía solar a gran escala en 2011, se prevé que hagan grandes avances en la generación para 2020, con el Banco Mundial aportando mil millones de dólares en préstamos sólo en este año. Su auge solar acaba de

comenzar, el gobierno apunta a tener una capacidad instalada de 100 GW para 2022. Como un país en desarrollo, la energía solar también desempeña un gran papel en la calefacción o la purificación del agua en muchas regiones de la India. Además, los precios están siendo especialmente bajos para esta energía, por lo que el gobierno está cancelando los proyectos de construcción de varias centrales eléctricas de carbón.

Alemania (48.4 GW).

Alemania ha protagonizado los titulares en los últimos años por sus compromisos en relación a la energía renovable. Su estrategia Energiewende, tiene como objetivo asegurar que, para 2050, el país obtenga al menos el 60 % de su energía de fuentes renovables como parte de su campaña para reducir las emisiones de carbono. Es el país líder en Europa en energías renovables, Alemania cuenta con casi 30 plantas de generación fotovoltaica, cada una de las cuales genera al menos 20 MW anuales. Y, al igual que el Reino Unido, el país está batiendo sus propios récords solares este año.

Italia (22,6 GW).

La presencia de Italia en el ranking es atípica ya que es un importador neto de energía. La energía solar representa casi el 10 % del mix energético del país y se prevé que se duplique en la próxima década. Este método de generación de energía no sólo representa una oportunidad para Italia para explotar un recurso que tiene en abundancia, sino también una oportunidad para reducir la dependencia energética del extranjero.

Reino Unido (14.2 GW).

El Reino Unido superó a Francia y a España en 2015 en términos de capacidad instalada. Junto con las principales instalaciones solares comerciales, los sucesivos gobiernos han apoyado iniciativas que fomentan la instalación de paneles solares en las escuelas y en las viviendas particulares. Entre abril y septiembre de 2016, los paneles solares del Reino Unido produjeron más electricidad que el carbón – en un día

especialmente soleado las granjas solares produjeron seis veces más energía que el carbón.

Francia (12,8 GW).

Con una economía fuerte y un sector energético bien desarrollado, no es de extrañar que la energía solar haya despegado en Francia, de hecho, quiere pavimentar 1000 km de sus carreteras con paneles solares.

Australia (12,2 GW).

Desde el año 2009, la presencia de la energía solar en Australia se ha disparado. Hasta la fecha, el país tiene cerca de 20 proyectos solares (con una capacidad superior a 1 MW) en diversas etapas de finalización. Pero estos resultados prometedores no muestran el panorama completo. Australia contará con la mayor planta de almacenamiento de energía solar del mundo.

Pakistán (10 GW).

Pakistán inauguró en 2012 su primera planta fotovoltaica. El parque solar Quaid-e-Azam, el centro de su estrategia solar, es un proyecto que, una vez plenamente operativo, tendrá una capacidad de 1 GW y será el más grande de su tipo en el mundo. Debido a la reciente caída de los aranceles mundiales, Pakistán se está preparando para lanzar subastas de energía que podrían bajar aún más los precios de la energía solar. ^[4]

4.4 LAS APLICACIONES MÁS PROVECHOSAS DE LA ENERGIA SOLAR

Electricidad

Esta es la aplicación más básica. Gracias a un panel fotovoltaico, se puede aprovechar la energía del sol para generar electricidad. Esta sirve para alimentar, el consumo (o al menos parte de él) de energía del hogar, hotel o empresa.

La ventaja de generar energía con un sistema solar fotovoltaico es que se puede almacenar lo generado en baterías o estar directamente conectado a la red.

Figura 7. Tejas solares fotovoltaicas.



Tomada de (EcoInventos, <https://ecoinventos.com/mayores-paises-productores-energia-solar-del-mundo/> 2017)

Estas tejas son una interesante apuesta sostenible, similar a las tejas convencionales, que incorporan mini paneles solares en su interior. Actualmente a la venta, la mayoría de ellas están hechas de cerámica y poseen 4 celdas fotovoltaicas, la instalación pasa debajo del tejado hasta el convertidor.

Figura 8. Ejemplo de integración de la energía solar fotovoltaica sobre el tejado de una vivienda.



Figura 9. Sistemas de generación de energía solar (SEGS, en inglés).



“La planta de energía que se observa en la figura 9, es actualmente la más grande del mundo, situada en el Desierto de Mojave en California, Estados Unidos. Actualmente cuenta con una capacidad instalada de **354 MW** y genera 662 GWh de energía al año” [5].

Agua Caliente

En zonas de buena radiación solar, como por ejemplo la gran mayoría de países de Latinoamérica que gozan de este beneficio la mayor parte del año, pueden aprovechar la gran cantidad de radiación solar para calentar el agua, por medio de un captador solar, también llamado colector solar o panel solar térmico, que es cualquier dispositivo diseñado para recoger la energía radiada por el sol y convertirla en energía térmica, hablamos de paneles de energía solar térmica en los que el agua se calienta y puede servir en los hogares, hoteles y hospitales, para ducharse o cocinar, se puede aprovechar también en la calefacción.

Calefacción y frío solar

Llamamos 'frío solar' al aire acondicionado ecológico, que, gracias al consumo de energías limpias puede representar un ahorro de hasta un 70% de la energía. La

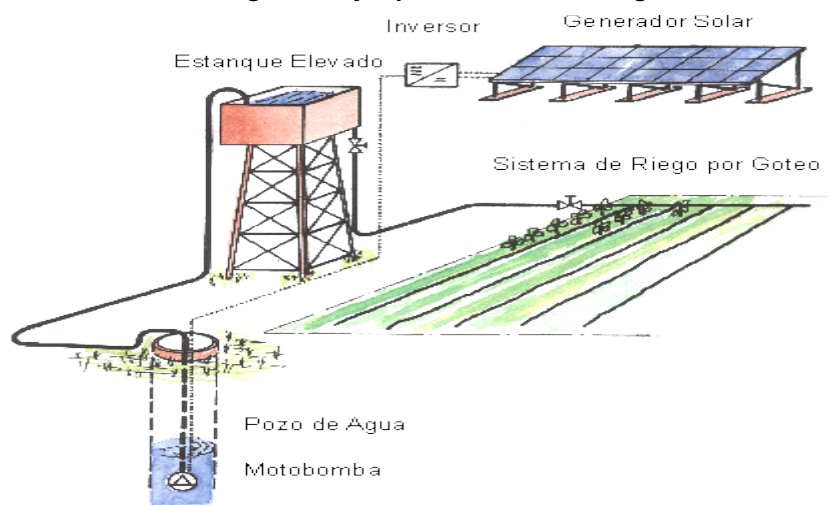
energía solar se emplea para producir este aire acondicionado eco a través de dos métodos: se recolecta mediante paneles fotovoltaicos que activan los equipos de frío, o mediante colectores solares que producen la energía térmica a baja temperatura, sistema beneficioso para tiempos de verano.

En invierno, la calefacción también puede ser solar, como comentábamos en el apartado anterior: gracias a sistemas solares térmicos, donde se calienta el agua, que se puede acumular para calefacciones, o incluso para piscinas temperadas. Por otro lado, hay quien lo tiene todo en uno, con paneles solares capaces de almacenar energía y convertirla en frío o calor, según se necesite.

Riego de plantaciones

La mejor manera de riego para plantaciones sin derrochar agua es por medio del riego por goteo programado, este se hace por medio de bombas solares permitiendo el mejor uso posible del aprovechamiento del agua hasta en los lugares más remotos. Se usan con bombas conectadas directamente sin necesidad de acumuladores ya sea para una motobomba o sacar agua de un pozo o de bombas para el riego de plantaciones.

Figura 10. Ejemplo de sistema de riego solar.



Tomado de (<http://suelosolar.com/guiasolares/riego.asp>)

Alumbrado de exteriores

Gracias a los paneles solares, jardines, caminos y carreteras pueden alumbrarse mediante el aprovechamiento de la energía del sol y sin necesidad de tendido eléctrico.

Durante el día se genera y almacena la energía, y por la noche se utiliza para iluminar dichos exteriores. Cada punto puede tener su propia autonomía con una pequeña placa, o puede haber una central que recoge toda la energía solar (aunque ésta requiere más espacio e infraestructura de cableado). Los leds funcionan en estos casos como emisores de luz económicos y de larga vida útil.

Carros solares (y otros inventos)

No son muy populares y tampoco se están fabricando en grandes masas, pero hay fabricantes que invierten y desarrollan esta tecnología para producir carros que se muevan gracias a la energía solar. También se pueden encontrar en el mundo grandes desarrollos de esta tecnología que funcionen con energía solar, como computadores portátiles, cargadores para celular, aviones.

Figura 11. Ejemplo de Carro Solar.



Tomado de (SIER 2014)

“Estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira integrantes del Semillero de Investigación en Energías Renovables -SIER UTP- crearon un carro solar en conjunto con el Semillero de Energías Renovables del SENA, para participar por primera vez en las competencias internacionales que se realizan cada dos años en el desierto de Atacama en Chile, el país con más radiación solar en el mundo”.
[6]

5. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica se fundamenta en la producción de electricidad obtenida directamente de la radiación solar. Este efecto se produce en las llamadas celdas fotovoltaicas que es la unidad básica que componen los paneles solares.

Un panel solar está constituido por un determinado número de celdas o unidades fotovoltaicas. El número depende de la potencia nominal requerida y la potencia pico de los módulos seleccionados.

Figura 12. Diferencia entre celda solar y panel solar.



Tomada de (<http://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>)

En la actualidad la mayoría de los paneles solares de silicio se construyen conectando en serie todas las celdas que componen el panel. Esto se logra conectado el polo positivo de una celda con el negativo de la siguiente y así sucesivamente.

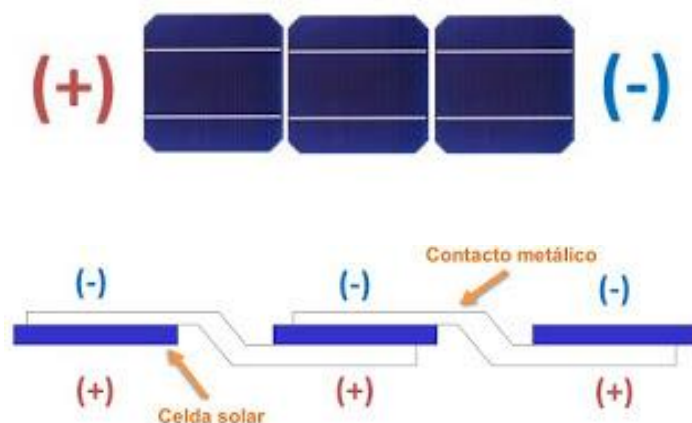
Figura 13. Identificación del terminal positivo y negativo de una celda fotovoltaica.



Tomada de (<http://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>)

El polo negativo de una celda solar se encuentra en la cara frontal de la celda, mientras que el positivo se encuentra en la cara posterior de la celda.

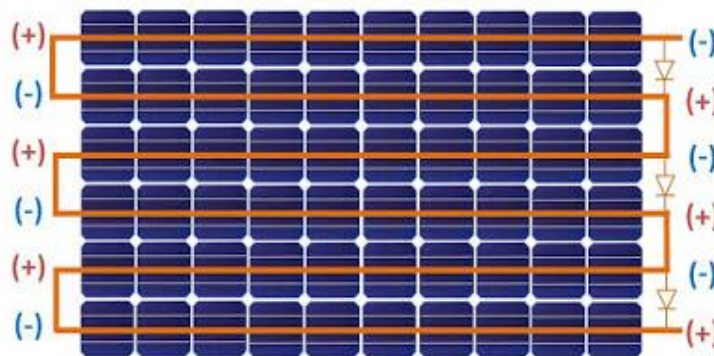
Figura 14. Esquema de la conexión en serie de varias celdas fotovoltaicas.



Tomada de (<http://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>)

La conexión eléctrica se logra por medio de tiras metálicas que actúan como conducto que se unen entre las celdas, creando una serie. Estas series se arreglan en grupos de distintos tamaños para construir un panel solar. Por ejemplo, los paneles de 60 celdas típicamente se forman en arreglos de 10x6 y los paneles de 72 celdas se forman en arreglos de 12x6 celdas.

Figura 15. Panel solar de 60 celdas, donde se puede observar las conexiones eléctricas necesarias para crear un módulo solar funcional.



Tomada de (<http://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>)

El voltaje de salida del panel se obtiene por medio de la conexión en serie de un número determinado de celdas solares, la potencia nominal normal esta entre 50 y 200 WP dependiendo del fabricante.

5.1 LA CÉLULA FOTOVOLTAICA

Una célula fotovoltaica o modulo fotovoltaico, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico.

Cuando un módulo fotovoltaico recibe radiación solar, los fotones que componen dicha radiación inciden sobre las células fotovoltaicas del panel. Éstos pueden ser

reflejados, absorbidos o pasar a través del panel, y sólo los fotones que quedan absorbidos por la célula fotovoltaica son los que, finalmente, van a generar electricidad.

En efecto, cuando el fotón es absorbido por la célula, la energía que porta el fotón es transferida a los átomos que componen el material de la célula fotovoltaica. Con esta nueva energía transferida, los electrones que están situados en las capas más alejadas son capaces de saltar y desprenderse de su posición normal asociada al átomo y entrar a formar parte de un circuito eléctrico que se genera.

Por lo tanto, un factor crucial para que pueda generarse el efecto fotovoltaico es que las células de los paneles solares estén compuestas por un tipo determinado de material, tales que sus átomos sean capaces de liberar electrones para crear una corriente eléctrica al recibir energía.

Los átomos de los materiales llamados semiconductores ofrecen esta propiedad, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores, al desprenderse de sus electrones, cuando se aumenta la energía que incide sobre ellos.

En la actualidad, la mayoría de las células solares están construidas utilizando como material semiconductor el silicio, en sus formas mono o policristalina, la célula fotovoltaica más común es una lámina de silicio cristalino de un espesor aproximado de 0,3 mm; la vida útil media a máximo rendimiento esta alrededor de los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye por debajo de un valor considerable.

Los paneles fotovoltaicos, en función del tipo de célula que los forman, se dividen en:

Cristalinas

Monocristalino: se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si), reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, debido a que es una célula circular recortada. Figura 16.

Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas. Figura 16.

Amorfas: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Figura 16. Células solares fotovoltaicas más comunes.



Obtenida de (<http://www.marjoya.com/blog/2016/01/25/relojes-sistema-energia-solar/>)

La eficiencia normal en condiciones estándar (1000 w/m^2 , 25°C , Am 1,5) de irradiación y temperatura.

Se encuentra entre:

12% y 15% para silicio monocristalino

11% y 14% para silicio policristalino

5% y 7% para silicio amorfo

6. RADIACIÓN SOLAR

El sol es una gran estrella que permite la vida en el planeta tierra, constituye la mayor fuente de radiación electromagnética gracias a que en su interior suceden una cantidad de reacciones químicas y pequeñas fusiones atómicas que hacen que el sol convierta su masa en energía, la cual llega a la tierra a través de radiación, este proceso se debe a que ésta estrella se encuentra a una temperatura media de 6000 K (5727 Celsius), por lo que produce energía por fusión nuclear, combinando dos átomos de hidrógeno para general helio, la energía es transmitida mediante radiación solar que se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta; no toda la radiación solar alcanza la superficie terrestre debido a que ésta se altera considerablemente por la dispersión y absorción producto de los gases de la atmosfera que cumple su efecto de mitigar la diferencia de temperaturas en el día y en la noche.^[7]

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiación, que mide la potencia que por unidad de superficie alcanza a la Tierra. “Su unidad es el W/m^2 ; en total la irradiación que alcanza la superficie terrestre rara vez excede un $1KW/m^2$. La radiación total promedio anual sobre la superficie de la tierra varía entre 2000 y 2500 kWh/m³ en zonas de alta insolación como zonas áridas o desiertos y entre 1000 y 1500 kWh/m² en lugares localizados en las latitudes altas”.^[7]

Los porcentajes de radiación solar en un lugar depende de varios factores, ellos son: Latitud, altura sobre el nivel del mar, orografía, nubosidad y el movimiento de traslación del planeta.

Latitud: es la distancia en grados contada entre un punto de la Tierra y el ecuador, entre más grados de la línea ecuatorial menor es la radiación solar.

Altitud (altura sobre el nivel del mar): es la distancia vertical de un punto de la Tierra respecto al nivel del mar, a mayor altura mayor radiación.

Orografía: son las elevaciones que puedan existir en una zona en particular (región, país, etc.), por ejemplo los valles más profundos tienen menor radiación solar.

Nubosidad: implica que el sol parece oculto a la vista de un observador, toda vez que el cielo se encuentra cubierto de nubes, a mayor nubosidad menor radiación solar.

Traslación de la Tierra: es el movimiento que realiza la Tierra alrededor del sol, describiendo una órbita elíptica de 93 millones de km, a una velocidad de 28,9 km por segundo, la traslación es la responsable de la existencia de las estaciones en la tierra a lo largo del año.

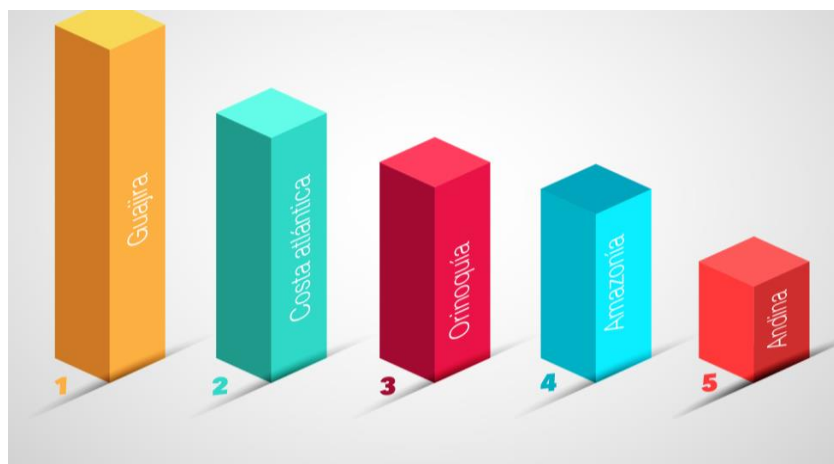
Otros beneficios de la radiación solar se evidencian en el proceso de fotosíntesis que permite que las plantas crezcan y produzcan oxígeno, también permite que sean posibles las estaciones en algunos países y lo que es de nuestra importancia en este proyecto es que gracias a ésta es posible la generación de electricidad logrando una estabilidad en nuestro ecosistema, buscando combatir en pequeña escala el efecto invernadero.

6.1 RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA

“Colombia es un país afortunado por su posición geográfica, presenta el mayor porcentaje de radiación solar en el mundo, generando una gran ventaja en el uso de energía solar, este país tiene un buen potencial energético solar con un promedio diario cercano a $4,5 \text{ kWh/m}^2$, aunque por su variedad de climas hay sectores del país con mayor porcentaje que otros de los que se resalta la Guajira, Costa atlántica, y Orinoquia,”^[8] esto no significa que en el resto del país no sea viable la producción de sistemas que usen energías limpias, como los que se

estudian en este proyecto, lo bueno es que aun de forma lenta se le ha reconocido a esta producción de energías limpias la importancia que merece y se ha comenzado a experimentar gradualmente en este país.

Figura 17. Regiones con mayor disponibilidad de energía solar en Colombia.



Obtenida de (<http://www.laguiasolar.com/radiacion-solar-en-colombia/>)

Según atlas realizado por el IDEAM en el año 2005, se logra identificar el valor promedio diario de radiación solar en Colombia estableciendo el potencial energético solar del país, obteniendo el siguiente resultado.

Tabla 1. Regiones con mayor irradiación en Colombia.

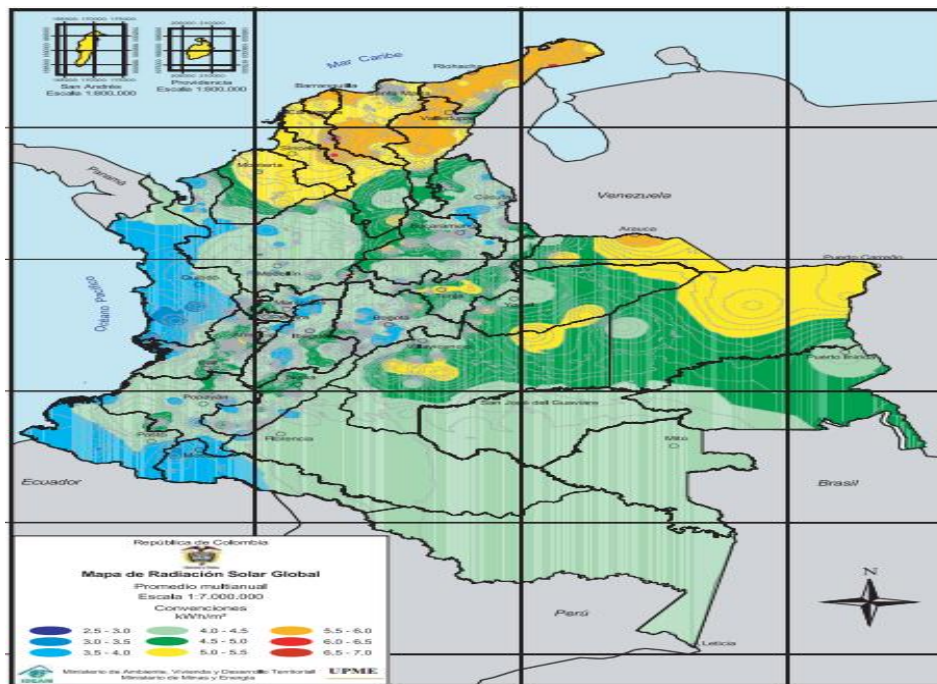
REGIÓN	KWh/M ² /año
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLANTICA	1.825
ORINOQUIA	1.643
AMAZONIA	1.551
ANDINA	1.643
COSTA PACÍFICA	1.278

Datos obtenidos (http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/1atlas_radiacion_solar.pdf)

6.2 IRRADIACIÓN EN PEREIRA

El municipio de Pereira, es la capital del departamento de Risaralda, es la ciudad más poblada de la región del eje cafetero y hace parte de los municipios que conforman la Región Andina que tiene como porcentaje de radiación 1.643 KWh/M²/año, según reporte del IDEAM, en el que también especifican la irradiación en la ciudad de Pereira en un intervalo entre 4.0 a 4.5 KW/m²/día, lo que significa que cuenta con un alto potencial energético

Figura 18. Mapa de radiación solar en Colombia.



Obtenido de (<http://globalem.co/energia-solar-colombia/>)

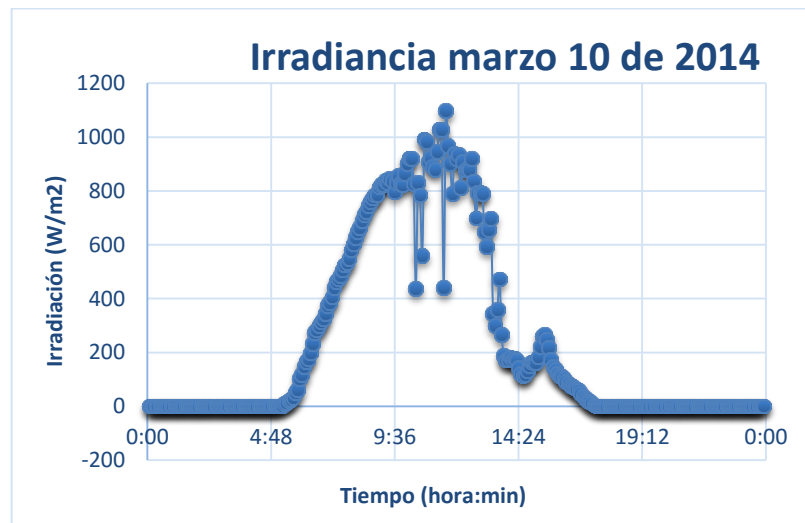
Un aporte mayor y que beneficia la ejecución de este proyecto es la estación meteorológica con la que cuenta la universidad tecnológica de Pereira que permite la medición en tiempo real de la radiación solar y la velocidad de viento. La unidad se ha instalado en el techo del edificio de mecánica, lo que convierte al municipio en el lugar apropiado para el desarrollo de un sistema fotovoltaico como el que se quiere implementar.

Figura 19. Instalación unidad meteorológica UTP.



Para la obtención de los valores de Irradiación (G) en términos de energía es necesario el análisis de las áreas bajo la curva generada en los gráficos G (W/m^2) vs tiempo. La figura 20, presenta como ejemplo datos capturados el 10 de marzo de 2014.

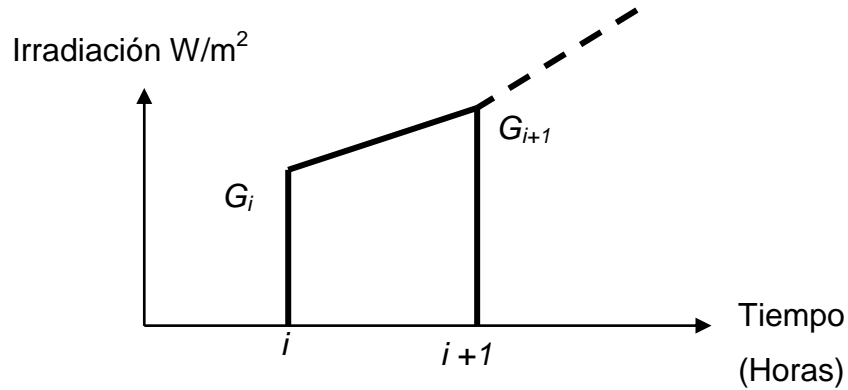
Figura 20. Datos obtenidos de irradiación de unidad meteorológica en W/m^2 .



Los datos obtenidos en dicha ocasión refleja un día relativamente soleado, alcanzando irradiación que supera los 1000 W/m^2 .

Para la obtención del valor energético (Radiación) diario es necesario calcular el área bajo la curva. Para ello, utilizaron aproximaciones de áreas trapezoidales punto a punto tal como muestra la figura 21.

Figura 21. Determinación de la radiación solar diaria en Wh/m².



La radiación solar en H en (Wh/m²) o energía disponible diaria es entonces determinada como el área bajo la curva, esto es:

$$H = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{G_i + G_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Siendo:

G_i = Dato de Irradiación de la unidad meteorológica en el tiempo i

G_{i+1} = Dato de Irradiación de la unidad meteorológica en el tiempo $i + 1$

De esta forma obtuvieron los valores de radiación registrados en la tabla 2.

Tabla 2. Datos obtenidos de la estación meteorología de la universidad tecnológica de Pereira.

Mes	Promedio Radiación
	$[\frac{kwh}{m^2} \text{ mes}]$
Enero	4.1
Febrero	4.2
Marzo	4.4
Abril	4.5
Mayo	4.1
Junio	4.4
Julio	4.4

Datos recolectados de (Unidad Meteorológica de la Universidad Tecnológica de Pereira)

Los valores registrados (tabla 2) corresponden al valor promedio diario anual. Los datos fueron tomados cada 5 minutos, se promediaron por día, estos por semana y estos finalmente por mes. Se registraron los valores obtenidos hasta el mes de julio, momento en el cual se realizó un desmonte de unidad debido a problemas con el sensor de pluviosidad. No obstante encontraron valores de fuentes reconocidas internacionalmente, como es el caso de NASA Surface Meteorology and Solar Energy 2014, quienes registran información captada promediada durante los últimos 22 años. La figura (22) muestra información de radiación en Pereira (Latitud 4,81, longitud -75,69).

Figura 22. Radiación en Pereira (NASA).



NASA Meteorología de la superficie y energía solar - Tablas disponibles



La latitud **4.81** / Longitud **-75.69** fue elegido.

Información Geométrica

Elevación: **1343** metros
tomadas de la
NASA GEOS-4
Modelo de Elevación

Límite norte
5
Límite occidental **-76** Centro de latitud **4.5** Longitud **-75.5** Límite oriental **-75**
Límite sur
4

Parámetros para paneles solares inclinados:

Obtenida de

(https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=105095&lat=4.81&submit=presentar&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=na&p=grid_id&p=ret_tlt0&step=2&lon=-75.69)

Tabla 3. Mediciones hechas por la NASA (USA)

En promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie acentuada inclinada-ecuador (kWh / m² / día)

Lat 4,81 Lon -75.69	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual media
SSE HRZ	4,55	4,72	4,76	4,51	4,51	4,59	4,92	4,97	4,80	4,56	4,44	4,37	4,64
K	0,47	0,46	0,45	0,43	0,45	0,47	0,49	0,48	0,46	0,44	0,45	0,46	0,46
Difuso	1,99	2,15	2,30	2,30	2,17	2,08	2,07	2,19	2,29	2,19	2,04	1,94	2,14
Directo	4,00	3,79	3,51	3,14	3,42	3,76	4,20	3,97	3,54	3,44	3,69	3,86	3,69
Inclinación 0	4,50	4,66	4,71	4,46	4,45	4,53	4,84	4,90	4,74	4,50	4,39	4,32	4,58
Inclinación 4	4,60	4,73	4,72	4,46	4,49	4,58	4,90	4,92	4,73	4,55	4,48	4,43	4,63
Inclinación 19	4,84	4,82	4,65	4,38	4,50	4,65	4,96	4,88	4,59	4,58	4,66	4,69	4,68
Inclinación 90	3,00	2,55	1,95	1,82	2,16	2,38	2,43	2,08	1,70	2,27	2,78	3,03	2,35
OPTAR	4,88	4,82	4,73	4,47	4,52	4,66	4,97	4,93	4,74	4,59	4,67	4,75	4,73
OPT ANG	27,0	18,0	6,00	5,00	12,0	16,0	15,0	9,00	1,00	14,0	24,0	29,0	14,6

NOTA: La radiación difusa, la radiación directa normal y la radiación superficial inclinada no se calculan cuando el índice de claridad (K) es inferior a 0,3 o superior a 0,8.

Datos Recolectados de (<https://eosweb.larc.nasa.gov>)

De los datos registrados (figura 22) se tiene una radiación promedio de 4,3 KWh/m², comparable con valores registrados en esta tabla (4,58 KWh/m² a 0° de pendiente igual a ubicación del sensor de la unidad). Se han registrado valores de los meses de julio y de enero en el año 2014 encontrando ascensos de radiación hasta 5,2 KWh/m². Así entonces se tomarán un valor promedio de radiación de **4,63 kWh/m²** dando credibilidad a la base de datos de NASA para una pendiente de 4 grados.

7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTONOMO EN UNA VIVIENDA

Los sistemas de suministro eléctrico cuyo generador está compuesto por uno o varios módulos fotovoltaicos se llaman instalaciones fotovoltaicas. Entre sus principales ventajas están:

- ❖ Tecnología en pleno desarrollo y aceptada internacionalmente
- ❖ Independencia energética, que conlleva una protección ante la subida de las tarifas eléctricas. Ahorro de varios kW/h en la factura de energía.
- ❖ Facilidad de producir e instalar a grande o pequeña escala para diferentes usos, que permite su ampliación dependiendo de la necesidad.
- ❖ Gratuidad de la energía consumida una vez realizada la inversión. Energía gratuita, renovable y disponible en muchos sitios.
- ❖ Ausencia de emisiones contaminantes, la energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la

emisión de gases de efecto invernadero por lo que se puede decir que una energía muy limpia.

- ❖ Hará que su vivienda se valore considerablemente

7.1 PRINCIPALES DESVENTAJAS

- ❖ Su principal desventaja consiste en que su producción depende de la radiación solar directa, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10-25 % de la energía incidente.
- ❖ La producción se ve afectada asimismo por las condiciones meteorológicas adversas, como la falta de sol, nubes o la suciedad que se deposita sobre los paneles.
- ❖ El costo inicial de todo el sistema es alto pero es una inversión a futuro.

8. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE APOYO PARA UNA VIVIENDA CON CONEXIÓN A LA RED

Un sistema fotovoltaico conectado a la red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. “Un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica de distribución, es una forma de incrementar la electricidad contribuyendo en el desarrollo y mejora de la calidad de vida de las personas, porque genera una energía limpia que no produce gases de efecto invernadero”.^[9] En este tipo de instalaciones toda

la energía que se produce se vierte a la red eléctrica general, la instalación en otros países está motivada, existen financiaciones y ayudas tanto a nivel nacional como a nivel regional.

Con el montaje de este tipo de técnicas se pretende que el Sistema Solar pueda suministrar energía eléctrica para consumos menores en una vivienda, principalmente toda la iluminación, entre tanto los grandes consumos como la nevera, lavadora, ducha de agua caliente, televisores, computador y otros electrodomésticos de la vivienda continúen conectados a la red eléctrica. El buen funcionamiento y conexión del sistema puede suponer un ahorro de un 15% de la energía total consumida en la vivienda, lo que es un avance y buen inicio para ayudar a mitigar la contaminación ambiental.

9. DIMENSION DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

El montaje de la instalación del sistema solar fotovoltaico se realiza en una vivienda de dos pisos. La instalación del alumbrado en la vivienda cuenta con 14 puntos de iluminación con iluminaras tipo led de 8 W cada una y funcionan en un promedio de 4 horas al día.

1. Potencia de consumo : 14 bombillos X 8 watt X 4 hora/día = **448 Wh / día**

Consumo de energía Ac del sistema [W.h.dia]: 448 Wh

Tabla 4. Consumo en watts de la instalación.

Iluminarias	Potencia (W)	Potencia total (W)	Horas de uso	Consumo de energía Ac (Wh/día)
14	8	112	4	448

Datos obtenidos en el campo (elaboración propia)

Las horas de uso diario se calculan haciendo un censo con las personas que habitan en la vivienda estimando un uso de la instalación en la noche y en el día cuando se requiere. Teniendo como resultado un uso de 4 horas diarias, pero, teniendo en cuenta que no siempre se tiene encendidas todos los bombillos al mismo tiempo todo depende del uso.

2. el lugar donde se encuentra la instalación es muy cerca de la universidad tecnológica de Pereira donde se tiene una radiación solar promedio de **4,63 kWh/m² día**.
3. Los paneles solares del sistema fotovoltaico generan **12 Voltios corriente continua (Vcc)**
4. Sólo 2 días de autonomía.
5. Carga mínima de baterías un 50%, es decir sólo vamos a permitir que se descargue un 50% de su capacidad para alargar la vida útil.
6. Las pérdidas por rendimiento son de un mínimo del 10%.

En el sistema se tiene:

1. Potencia del panel solar de **210 W---7,90 A**.
2. Un Regulador Solar de **30 A**
3. Protección contra cortocircuitos y sobre intensidad de corriente de **20 A**
4. Dos baterías de **6V** cada una. Estas se encuentran conectadas en serie para obtener **12 V** y una capacidad de **400 Ah** se descarga en **20 Hrs** a un consumo constante de corriente de **20A**

9.1 CALCULO DE NUMERO DE PANELES SOLARES

Para el cálculo del número de paneles solares primero se necesita saber la demanda de potencia eléctrica del sistema, la eficiencia del regulador y el inversor. Esto se hace con el fin de satisfacer la demanda de consumo eléctrico en la vivienda, con la siguiente expresión se puede calcular el número de paneles.

η del regulador: 92%

η del inversor: 90%

Energía Ac del sistema [W.h.día]: 448 Wh/día

$$\text{Energía Dc sistemas (Wh)} = \frac{\text{energía Ac } \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}}\right)}{(\eta \text{ regulador})(\eta \text{ inversor})}$$

$$\text{Energía Dc del sistemas(Wh)} = \frac{448 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}}\right)}{(0,92)(0,90)}$$

$$\text{Energía Dc del sistema (Wh)} = 541.06 \text{ Wh}$$

HPS (hora solar pico)= 4.63kwh/m²

Psistema fotovoltaico (w)

$$\text{Psistema fotovoltaico} = \frac{\text{Energía Dc del sistemas (Wh)}}{(\text{HPS})}$$

$$\text{Psistema fotovoltaico} = \frac{541.06\text{Wh}}{(4.63\text{kwh}/\text{m}^2)}$$

$$\text{Psistemas fotovoltaico} = 116.85 \text{ w}$$

Para poder determinar el número de paneles que se requieren en el sistema se necesita la potencia del sistema fotovoltaico calculada anteriormente y la potencia del panel que en este caso es un panel solar **Kyocera KD210GX-LPU** con una potencia máxima de 210 W, el número de paneles se calcula con la siguiente expresión:

Pmp= potencia máxima del panel

$$\mathbf{Nmod} = \frac{Psistema\ fotovoltaico\ (w)}{Pmp}$$

$$\mathbf{Nmod} = \frac{116.85\ w}{210\ w} = 0,556$$

$$Nmod= 0,556 = a\ 1\ panel\ fotovoltaico$$

9.1.1 Panel Solar Kyocera KD210GX-LPU

Los módulos kyocera cuentan con una garantía de 10 años en el producto y 25 años en cuanto a la potencia (10 años a un 90% y 25 años a un 80%). Gracias a la confiabilidad que representa la marca kyocera se seleccionó un módulo con las siguientes especificaciones.

Para entender mejor los parámetros incluidos en la ficha de características técnicas del módulo, se incluye algunas definiciones para su mejor comprensión:

- **Potencia nominal o máxima ($P_{MÁX}$):** es también conocida como potencia pico del panel. Es el valor máximo de potencia que se puede obtener del panel y se obtiene del producto entre la tensión y la corriente de salida de este, el panel Solar Kyocera KD210GX-LPU tiene un valor de $P_{MÁX} = 210\ W$ (CEM).

- **Tensión en circuito abierto (V_{OC}):** es el valor máximo de voltaje que se mediría en el panel o módulo si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo (intensidad de 0 amperios). El valor de $V_{OC} = 33,2 \text{ V}$ (CEM).

- **Intensidad de cortocircuito (I_{SC}):** es la máxima intensidad que se puede obtener del panel fotovoltaico (tensión de salida 0 V). el valor de $I_{SC} = 8,58 \text{ A}$ (CEM).

- **Tensión en el punto de máxima potencia (V_M ó $V_{MÁX}$):** es el valor de la tensión en el punto de máxima potencia o potencia pico, que suele ser el 80% de la de vacío. También se suele representar como V_{MP} . El valor de $V_{MP} = 30,9 \text{ V}$ (CEM).

- **Intensidad de corriente máxima (I_M ó $I_{MÁX}$):** es el valor de la corriente en el punto de máxima potencia o potencia pico. También se suele representar como I_{MP} . El valor de $I_{MP} = 8,27 \text{ A}$ (CEM).

CEM se refiere que los valores antes indicados se han obtenido en Condiciones Estándar de Medida.

KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULE			
MODEL KD210GX-LPU			
IRRADIANCE AND CELL TEMPERATURE	1000W/m ² AM 1.5 25°C	800W/m ² AM 1.5 47.9°C	MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE
Pmax	210W	149W	600V
Vpmax	26.6V	23.6V	
Ipmax	7.98A	6.32A	
Voc	33.2V	-	MASS
Isc	8.58A	-	18.0Kg
SERIAL NO. 10X6SN1160			
WARNING Photovoltaic modules generate electricity when exposed to light. Hazardous Electricity can shock, burn or cause death. Do not touch terminals when exposed to light. When connected or disconnected to the output cable, upper surface should be shaded from light. Must comply with local safety standards prior to installation.			
LISTED 9F82 PHOTOVOLTAIC MODULE	FIRE RATING CLASS C FIELD WIRING STRANDED COPPER ONLY 10-14AWG INSULATED FOR 90°C WIR.	SERIES FUSE 15A	
MADE IN MEXICO			

Figura 23. Placa de características del panel solar.

Obtenida en campo de (Etiqueta de panel utilizado en la ejecución del proyecto)

Tabla 5. Características Panel Solar Kyocera.

Rendimiento eléctrico	
bajo condiciones de prueba estándar (STC *)	
Potencia máxima (Pmax)	210 W (+ 5W / -0W)
Tensión máxima potencia (Vmpp)	26.6V
Corriente máxima de alimentación (Impp)	7.90 ^a
Voltaje de circuito abierto (Voc)	33.2V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.58 ^a
Tensión Máxima de la	600V
Coeficiente de temperatura de Voc	-1.20x10 ⁻¹ V / ° C
Coeficiente de temperatura de Isc	5.15x10 ⁻³ A / ° C

* STC: Irradiación 1000W / m² , AM 1,5
espectro temperatura de la célula 25 ° C

Datos obtenidos (Etiqueta panel solar)

Tabla 6. Características del panel a su potencia máxima.

Rendimiento eléctrica	
a 800 W / m ² , * TONC, AM 1,5	
Potencia máxima (Pmax)	149W
Tensión máxima potencia (Vmpp)	23.6V
Corriente máxima de alimentación (Impp)	6.32 ^a
Voltaje de circuito abierto (Voc)	30.0V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6.62 ^a
* STC: Irradiación 1000W / m ² , AM 1,5 espectro temperatura de la célula 25 ° C	

Datos obtenidos (Etiqueta panel solar)

Figura 24. Características de la tensión de corriente del módulo fotovoltaico KD-210-LPU a diversas temperaturas celulares.

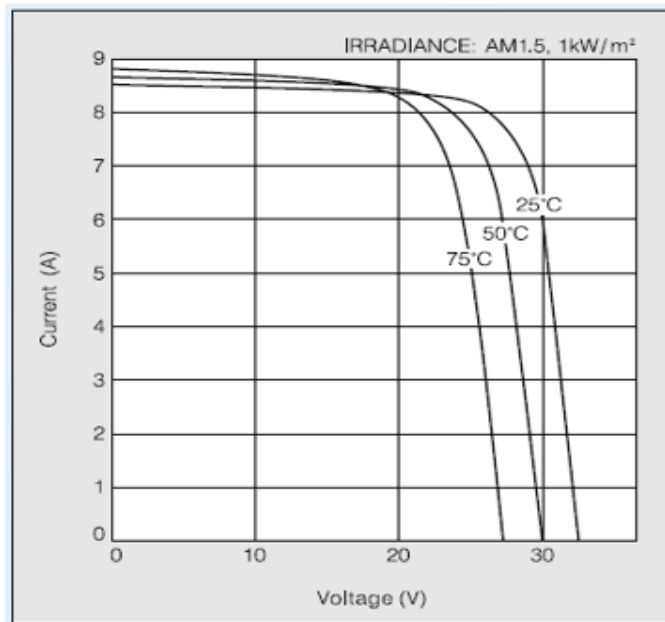


Figura 25. Características de la tensión de corriente del módulo fotovoltaico KD-210GX-LUP con distintas irradiación celular.

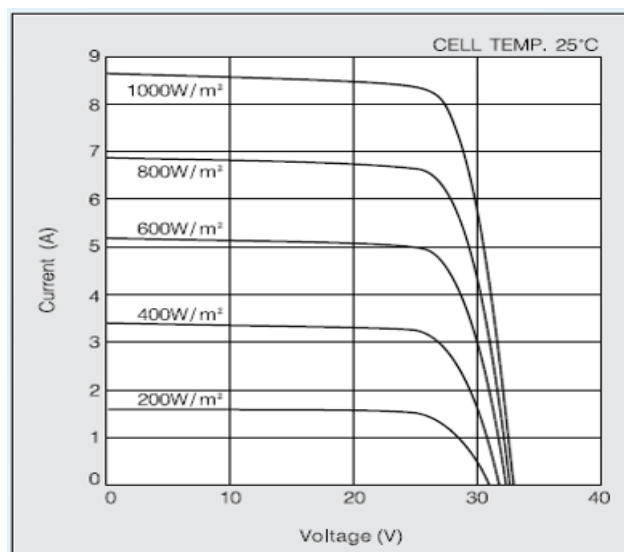


Figura 26. Lugar de instalación del panel solar en la vivienda.



Obtenido en el campo (creación propia)

El panel solar se instalado en el techo de la vivienda, teniendo en cuenta que tenga buena ventilación por debajo del panel para que no aumente su temperatura y pueda afectar la eficiencia de este.

9.2 REGULADOR DE CARGA

El regulador hace la función de supervisor de la batera al prevenir la carga y la descarga máxima de la batería, alargando a si la vida útil de la batería y evitando el daño de estas cuando hay descargas excesivas. Los valores importantes del regulador son: **V_{max}** de carga y **V_{min}** de descarga de baterías.

Estos dispositivos funcionan como un cargador de baterías como su nombre lo dice regula la corriente y voltaje en el sistema fotovoltaico evitando que se produzcan sobrecargas para que el sistema se mantenga en unos valores adecuados para su funcionamiento.

Un regulador se puede entender como un interruptor colocado en serie entre paneles y baterías, que está cerrado y conectado para el proceso de carga de las baterías, y abierto cuando las baterías están totalmente cargadas.

El regulador de carga se selecciona para que sea capaz de resistir sin daños unos valores de voltaje nominal y corriente máxima de acuerdo a la configuración del sistema fotovoltaico instalado. De esta manera, éste debe estar dimensionado para soportar la intensidad máxima de corriente generada en el sistema, tanto en la línea de entrada al regulador procedente de los generadores fotovoltaicos, como en la línea de salida hacia las cargas que alimenta.

El regulador actúa como interruptor del suministro de electricidad desde las baterías hacia la instalación interior de la vivienda cuando el voltaje de las baterías quede por debajo del **V_{min}** de funcionamiento, con el objetivo de evitar que la batería se descargue del todo para prevenir daños en estas. Lo mismo sucede cuando el voltaje de las baterías llegue a su **V_{max}** el regulador interrumpe la conexión entre los paneles solares y las batería.

Por lo tanto, a la hora de elegir el regulador más apto, se deberá tener en cuenta que la tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando la batería haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida, según indique las especificaciones del fabricante de la batería.

Hay que tener en cuenta que las pérdidas de energía que se presentan en el regulador siempre son inferiores al 3% del consumo diario de energía del sistema.

Por último, indicar que todo regulador que se emplee en la instalación deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V)

- Corriente máxima (A)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad de terminales y conexiones

9.2.1 Cálculo del regulador

El cálculo del regulador se realiza teniendo en cuenta el valor de corriente de cortocircuito que entrega los módulos fotovoltaicos multiplicados por un factor de seguridad de 1,25. Se aplica este coeficiente de seguridad porque los datos del panel solar son dados por el fabricante los cuales son medidos y tomados a condiciones estándar STC (1000 W/m^2) y cualquier variación de estas condiciones se refleja en un aumento de la potencia producida por el panel, lo que puede ocasionar que sobre pase la corriente nominal del regulador, con el consiguiente peligro de un posible daño en el equipo.

Corriente de cortocircuito (I_{sc}) = 8,58 A

Factor de seguridad de = 1,25

REGULADOR (A) = $I_{sc} \times \text{factor de seguridad}$

REGULADOR (A) = $8,58 \text{ A} \times 1,25 \text{ factor de seguridad} = 10,72 \text{ A}$

Regulador (A) = 10,72 A

Figura 27. Regulador de carga utilizado en el montaje.

LHLL-30A LCD 12 V/24 V 360 W/720 W Adaptador de Regulador de Carga PWM Solar Panel



Tomada de (<https://es.aliexpress.com/item/LHLL-30A-LCD-12V-24V-360W-720W-PWM-Solar-Panel-Adapter-Charge-Controller/32693792531.html?spm=2114.43010208.4.68.Zl2lg7>)

Descripción del producto

ELECTRICO MULTIPLE PROTECCIÓN: sobre intensidad de corriente y protección contra cortocircuito, protección de conexión inversa, baja tensión y protección de sobrecarga.

Especificaciones:

Sistema de voltaje de PV: 40 V
Máximo voltaje PV: 30A
Corriente de descarga máxima: 30A
Tensión máxima de salida: 12V/24V
Potencia máxima de salida: 360W/720W

Compatible de la batería: células de plomo-ácido
Cobrar forma: 3 stata PWM de carga
Puerto de carga USB: 5V 1ª
Contenido del paquete: 1 x Controlador de Carga Solar.

9.3 INVERSOR O CONVERTIDOR DC/AC

El convertidor de corriente DC/AC, también llamado inversor, es un dispositivo electrónico de potencia encargado de convertir la corriente continua (DC) proveniente de los generadores fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para su consumo en la vivienda. Además sincroniza la frecuencia de la corriente inyectada con la de la red, adaptándola a las condiciones requeridas según el tipo de carga, garantizando así la calidad de la energía vertida en la instalación eléctrica de la vivienda.

Los inversores están caracterizados principalmente por la tensión de entrada de las baterías, su potencia máxima que pueda entregar y su eficiencia. Estos definen la potencia eléctrica que el inversor puede entregar para su uso (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del sistema de baterías o de los generadores fotovoltaicos (potencia de entrada).

Las principales exigencias que debe cumplir el inversor para un buen funcionamiento del sistema solar.

El rendimiento del inversor debe ofrecer las mínimas pérdidas posibles y brindar un funcionamiento eficiente. El rendimiento del inversor esta entre 90% y el 97%. El valor del rendimiento del inverso depende de la potencia de salida y la potencia de entrada, que debe ser lo más cercana o igual a la nominal de funcionamiento del inversor, debido a que si varía mucho el rendimiento del inverso disminuiría delicadamente.

9.3.1 Cálculo del inversor

Para realizar el cálculo del inversor se tiene en cuenta la potencia de la carga $P_{carga AC}$ en (W) la cual se multiplica por un factor de seguridad recomendado para los cálculos de sistemas solares, esto pensando en la posible ampliación del sistema.

$$P_{inversor} (w) = P_{carga AC} (w) \times \text{factor de seguridad}$$

$$P_{carga AC} = 112 w$$

Se da un valor mayor a la carga AC del sistema de 200 w, hay que tener en cuenta que es solo para el cálculo del inversor ya que la carga que se tiene en el sistema por parte de la iluminación es muy bajo con un valor de 120 w, esto se hace pensando en la posibilidad de aumentar la carga del sistema y sobredimensionar la capacidad del inversor.

$$\text{Nuevo } P_{carga AC} = 200 W$$

$$\text{Factor de seguridad} = 125\%$$

$$P_{inversor} = 300 w$$

$$P_{inversor} (w) = 320 (w) \times 1.25 = 300 w$$

Figura 28. Inversor utilizado en el montaje del sistema solar.

SOLAR PI5000X 500W de potencia del inversor con doble salida USB PLUS



Obtenida de (<http://www.ebay.com/itm/Clore-Automotive-SOLAR-PI5000X-500W-Power-Inverter-with-Dual-Outlet-plus-USB-/182487585131>)

Características

- a. 500w de potencia continúa
- b. Potencia máxima de 1000W
- c. (2) enchufes 110VAC; (1) Salida USB
- d. Protección contra Sobrecarga / Sobrecalentamiento
- e. Adaptador de 12V o conexión de alimentación de la abrazadera de la batería

Especificaciones del producto

Los inversores de energía SOLAR, que incorporan una exclusiva tecnología de compresión Sonic, ofrecen una potencia de CA limpia y fiable a partir de una fuente de alimentación de 12 voltios. Este modelo cuenta con tomas de corriente alterna y un puerto USB para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. Incluye un juego de abrazadera / cable de batería y un conector de 12 V para la conexión a la fuente de alimentación de 12V.

9.4 BATERÍAS Y SISTEMAS ACUMULADORES SOLARES

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos, se utilizan para almacenar la energía eléctrica generada por el sistema SF, para disponer de la energía acumulada en la noche o en aquellas horas del día que por condiciones climáticas no haya buena disposición de luz solar.

También brindan otras funciones, como estabilizar el voltaje y la corriente de suministro, o para entregar picos de corriente en determinados momentos, dependiendo de la potencia requerida en el sistema.

Las baterías se componen básicamente de dos electrodos que se encuentran sumergidos en un medio electrolítico. Los tipos de baterías más recomendadas para uso en instalaciones fotovoltaicas son las de tipo estacionarias de plomo ácido y de placa tubular, compuestas de un conjunto de vasos electroquímicos interconectados de 2V cada uno, que se dispondrán en serie y/o paralelo para completar los 12, 24 ó 48 V de tensión de suministro y la capacidad de corriente en continua que sea adecuada en cada caso.

Tabla 7. Nivel del voltaje del módulo fotovoltaico en función de las necesidades de consumo de potencia que se demanda.

Potencia demandada (en W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (en V)
< de 1500 W	12V
Entre 1500 W y 5000 W	24V ó 48V
> 5000 W	120V ó 300V
Datos recolectados (Elaboración propia)	

La capacidad de una batería se mide en amperios-hora (*Ah*), unidad de carga eléctrica que indica la cantidad que pasa por los terminales de una batería. Indica la cantidad de electricidad que puede almacenar, para después devolverla durante su descarga. No obstante, el tiempo invertido en la descarga de la batería influye de manera decisiva en su capacidad de almacenaje.

A continuación, se indicarán los parámetros más importantes que definen a las baterías o acumuladores solares.

Capacidad nominal, C_{20} (*Ah*): es la cantidad de carga eléctrica que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C.

Régimen de carga (o descarga): es un parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga o la descarga. Se expresa normalmente en horas. Por ejemplo, si una batería de 100 Ah se descarga en 20 horas a una corriente de 5 A , se dice que el régimen de descarga es *20 horas* ($C_{20} = 100\text{ Ah}$) y la corriente se expresa como $I_{20} = 5\text{ A}$.

Profundidad de descarga (*PD* ó *DOD*): se define como el cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal, expresándose normalmente en%.

Profundidad de descarga máxima ($PD_{m\acute{a}x}$): se define como el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes que se produzca la desconexión del regulador, con el objetivo de proteger la vida útil de la batería. Las profundidades de descarga máximas que se suelen considerar para un ciclo diario están entre un 15-25%. Para el caso de un ciclo estacional, que es el número máximo de días que podrá estar una batería descargándose sin recibir los módulos radiación solar suficiente, está en torno a los 4-10 días y una profundidad de descarga del 75% aproximadamente.

En todo caso, para instalaciones fotovoltaicas no se recomiendan descargas agresivas, sino más bien progresivas, por lo que las baterías a utilizar suelen ser con descarga de *100 horas* (C_{100}), pues cuanto más intensa y rápida es la descarga de una batería, menos energía es capaz de suministrarnos.

Toda batería empleada en los sistemas acumuladores solares deberá estar etiquetada, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (V);
- Polaridad de los terminales;
- Capacidad nominal (Ah);
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

9.4.1 Cálculo de los acumuladores

Para calcular los acumuladores se tiene en cuenta la energía que se necesita almacenar en las baterías y la tensión de operación del sistema en energía Dc.

De acuerdo a lo anterior la tensión de operación del sistema es de 12v y se lograra mediante un arreglo de acumuladores en serie de 6v.

Energía Dc del sistema = 541,062 Wh

Para continuar con los cálculos de las batería hay que tener en cuenta los amperios/hora (Ah) necesarios para satisfacer la carga conectada en el sistema. Con las condiciones anteriores de operación se puede calcular la capacidad parcial para los acumuladores.

$$\text{Capacidad parcial acumuladores (Ah)} = \frac{\text{Energía Dc del sistema (wh)}}{\text{Tensión del sistema (v)}}$$

Energía Dc del sistema = 541,062 wh

Tensión del sistema = 12 v

$$\text{Capacidad parcial acumuladores (Ah)} = \frac{541,062 \text{ wh}}{12 \text{ v}} = 45,08 \text{ Ah}$$

Capacidad parcial de los acumuladores (Ah) = 45,08 Ah

Para un funcionamiento óptimo de operación del banco de baterías o acumuladores se establece una profundidad de descarga de 50% con respecto a

la capacidad máxima proyectada del sistema. Esta profundidad de descarga es el rango de energía que se puede obtener mediante la descarga parcial de un acumulador cargado a su máximo nivel.

$$\text{Capacidad total acumuladores (Ah)} = \frac{\text{Capacidad parcial (Ah)}}{\text{Profundidad de descarga acumuladores}}$$

Capacidad parcial de los acumuladores (Ah) = 45,08 Ah

Profundidad de descarga de los acumuladores = 50%

$$\text{Capacidad total acumuladores (Ah)} = \frac{45,08 \text{ Ah}}{0,50} = 90,16 \text{ Ah}$$

Capacidad total de los acumuladores (Ah) = 90,16 Ah

El cálculo de la capacidad de los acumuladores para el sistema se calcula con la corriente de almacenamiento y los días de autonomía, la autonomía del sistema es el número de días que se puede suministrar energía al sistema en días de lluvia o nubosos. Para el cálculo de la capacidad de los acumuladores del sistema se va a tomar 2 días de autonomía.

Capacidad de los acumuladores(Ah) = $\text{captotal acumuladores (Ah)} \times \text{dias de autonomia}$

Capacidad de los acumuladores(Ah) = $90,16 \text{ Ah} \times 2 \text{ dias} = 180,32 \text{ Ah}$

La capacidad del banco de acumuladores = 180,32 Ah

Capacidad de cada acumulador = 400 Ah

$$\text{numero de acumuladores} = \frac{\text{capacidad de acumuladores (Ah)}}{\text{capacidad de cada acumulador (Ah)}} = 0,4508 = 1$$

Batería Rolls Serie 4000 S530 6V 530Ah C100

Batería Rolls de ciclo profundo Serie 4000, de 6V y 530Ah de capacidad, fabricadas en Canadá, las baterías Rolls de ciclo profundo, se han labrado durante años una gran reputación en fiabilidad y seguridad en los sectores Ferrocarril, Marina, Fuerza motriz y el Mercado de las Energías Renovables. Las baterías Rolls están construidas con doble envase de seguridad en polyethylene de alta densidad y "resistox", una placa diseñada para incrementar la esperanza de vida útil que es una de las más largas en la industria de fabricación de baterías.

Doble contenedor

Ningún vertido de ácido: la nueva generación de baterías utiliza un sistema único de construcción en doble contenedor. Las pilas individuales están montadas en un depósito externo resistente con la tapa desmontable. Incluso si el depósito exterior se rompiera, la batería podría seguir utilizándose sin producir ninguno de los daños que ocasionaría un vertido de ácido sulfúrico. El doble contenedor también eliminaría las pérdidas de corriente o voltaje.

Voltaje y capacidades

Las baterías solares Rolls están disponibles en 2, 4, 6, 8 y 12 V, con gamas que van desde los 80 Ah hasta 3.300 Ah. Las diferentes configuraciones se pueden realizar fácilmente en serie utilizando el sistema de acoplamiento de 95 mm, lo que puede incrementar el voltaje hasta 12, 24 ó 48 V. La amplia capacidad disponible de Ah elimina la necesidad de tener largas cadenas de series de conexiones paralelas, lo que resuelve los problemas de carga que tienen muchos de los bancos de baterías convencionales.

Comportamiento del ciclo

La empresa ofrece un índice de ciclo extremadamente alto contra la descarga del equipo. La serie 4000 proporciona 1.280 ciclos a una descarga del 50%, mientras que la serie 5000 ofrece 3.200 ciclos a una descarga del 50%. Estos índices de ciclo son el resultado directo de los procesos de fabricación de alta calidad y el uso de una chapa gruesa de construcción de 6 mm de grosor.

Figura 29. Placa de características de las baterías utilizadas.



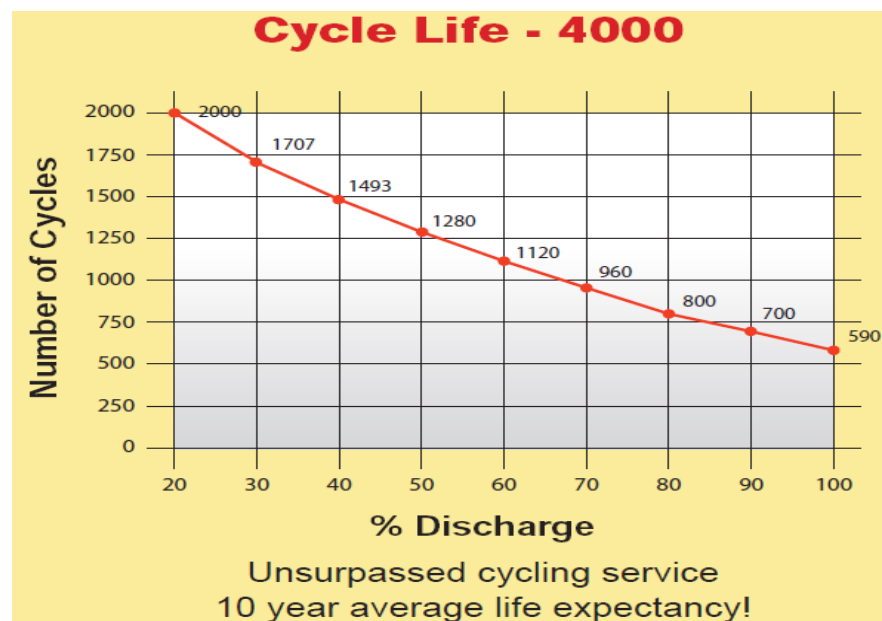
Tomada de (<http://www.efimarket.com/bateria-rolls-serie-4000-s530-6v-530ah-c100>)

Figura 30. Conexión de las baterías de 6V en serie para obtener 12V.



Tomada de (<http://www.efimarket.com/bateria-rolls-serie-4000-s530-6v-530ah-c100>)

Figura 31. Vida del ciclo Vs profundidad de descarga - serie 4000.



10. MONTAJE

El montaje se inició con el posicionamiento del panel solar en el tejado de la vivienda y con el debido anclaje de este con el propósito de prevenir caídas o posibles daños por causa de fuertes vientos o movientes bruscos.

Ya teniendo el panel en posición y bien ajustado a su anclaje se procede a hacer la conexión del panel al regulador por medio de 2 cables #14 siendo el cable color rojo el positivo y el cable de color negro el negativo.

El regulador tiene 6 puntos de conexión

En los puntos 1 y 2 se encuentra la conexión del panel solar al regulador, en el punto 1 llega el cable positivo del panel y al punto 2 llega el cable negativo del panel.

En los puntos 3 y 4 va la conexión de las baterías con el regulador, en el punto 3 pasa el cable positivo que sale de la batería y en el punto 4 el cable negativo que sale de la batería.

En los puntos 5 y 6 se encuentra la conexión hacia la carga o mejor dicho al inversor, del punto 5 sale un cable positivo hacia una protección contra sobre corriente de 20 A y de ahí sale el cable positivo hacia el regulador y el cable negativo que conecta el regulador con el inversor va en el punto 6.

Figura 32. Ilustración de la conexión del regulador.

Obtenido en el campo (creación propia)



Ya se tiene la conexión a la entrada el inverso donde llega 12V DC y a la salida del regulador tenemos 110V AC donde se va hacer la conexión al consumo del sistema.

Al conmutador de 3 posiciones llegan 2 fases de 110 V AC cada una, la primera fase es la que se obtiene del sistema solar fotovoltaico y la segunda fase es la que se obtiene del tablero de distribución de la vivienda. Dependiendo de la posición del conmutador se puede tener la opción de con cuál de las fases va a trabajar el sistemas de iluminación del sistema ya sea con el sistemas solar o con la red. El conmutador se utiliza si el sistemas solar llega a fallar o llegado al caso de que la red eléctrica falle.

Figura 33. Perilla de selección del conmutador ya sea para que funcione con la red o el sistema solar.



Obtenido en el campo (creación propia)

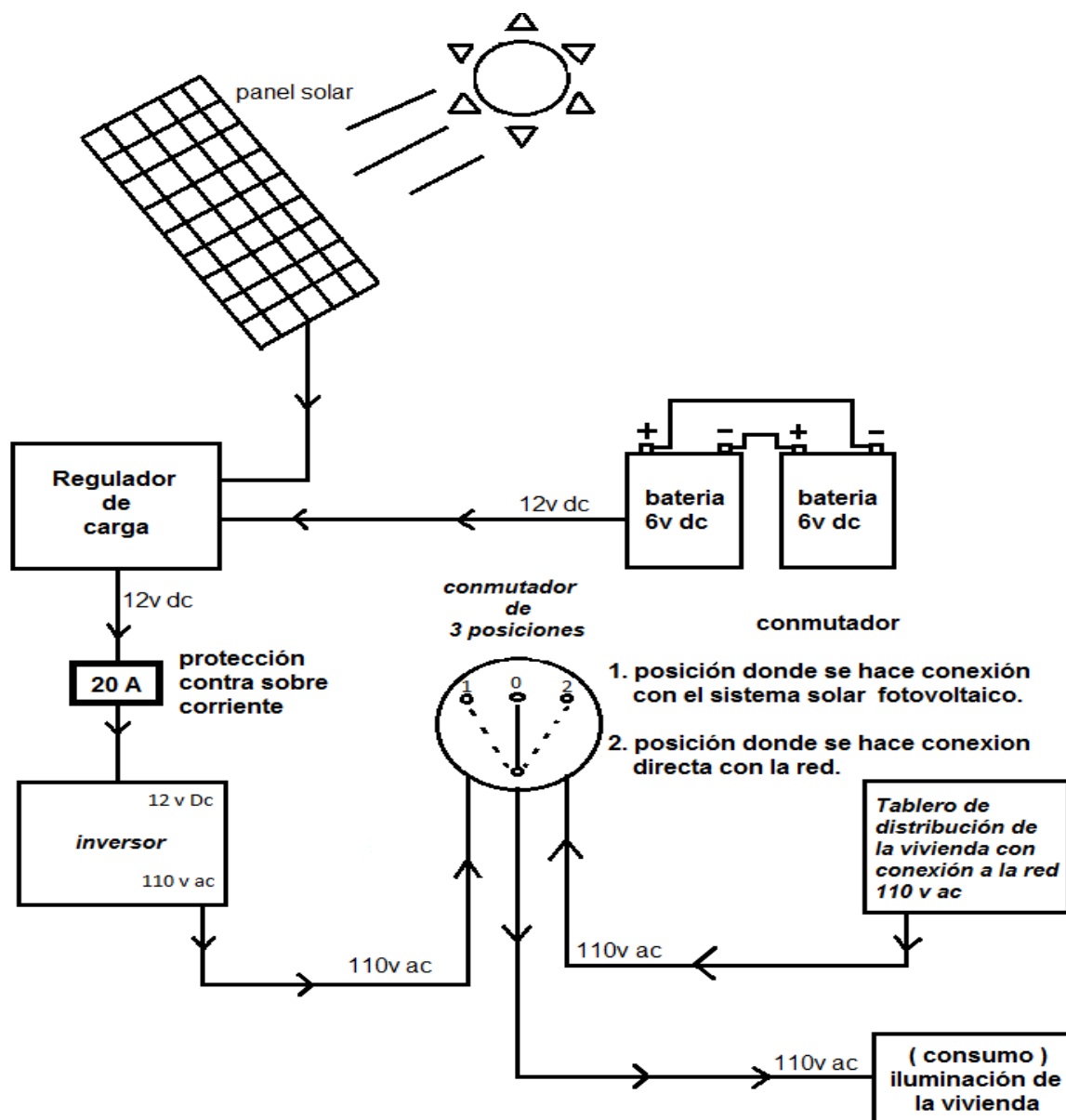
Figura 34. Instalación de la conexión del conmutador con la caja de distribución eléctrica de la vivienda.



Figura 35. Instalación de la conexión del conmutador con la caja de distribución eléctrica de la vivienda.

Obtenido en el campo (Creación propia)

Figura 36. Ilustración grafica de la conexión de todo el sistema solar fotovoltaico.



Obtenido de (creación propia)



Figura 37. Se muestra la conexión del regulador e inversor con protección contra sobre corriente.

Obtenido en el campo (creación propia)

11.CONCLUSIONES

El uso de energías renovables permite reducir a una pequeña escala el uso de energías convencionales como los combustibles fósiles que son la principal consecuencia del calentamiento global, pues la producción de gases de dióxido de carbono, monodióxido entre otros, que generan el efecto invernadero, provocando desequilibrio en las condiciones climáticas en el mundo.

Es fundamental la instalación de manera correcta del sistema fotovoltaico, con el uso de elementos o instrumentos de excelente calidad y con experiencia en el mercado, para poder obtener todas las ventajas y beneficios que brinda el mismo por un periodo prolongado que haga este sistema viable.

Al diseñar este tipo de sistemas se debe manejar un margen más amplio que el consumo de la carga nominal del sistema, pensando en una posible ampliación de la carga del sistema, y poder garantizar el consumo de esta energía de acuerdo a las necesidades para las que se requieren y adicionales de ser factible.

El panel de 210W que se instaló está sosteniendo de sobra toda la demanda energética de la iluminación en la vivienda, se podría pensar en hacer la conexión de un televisor de 50W prendido durante 4 horas diarias.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] <http://www.astromia.com/solar/tierra.htm>.

[2] <http://cambioclimaticoglobal.com/que-se-esta-haciendo-contraelcambio>

[3] https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar#Potencia_mundial_instalada.

[4] <https://ecoinventos.com/mayores-paises-productores-energia-solar-del-mundo/>.

[5] <http://www.fierasde la ingenieria.com/las-plantas-de-energia-solar-mas-grandes-del-mundo/>.

[6] <http://comunicaciones.utp.edu.co/noticias/26102/el-carro-solar-de-la-utp>

[7] https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar

[8] <http://www.laguiasolar.com/radiacion-solar-en-colombia/>.

[9] https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1762/IME_172.pdf